Zuchterfolg und Hirngewicht bei Tupaia glis

Von H. D. Frahm

Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Neurobiologische Abteilung

Eingang des Ms. 5. 12. 1979

Abstract

Breeding success and brain weight in Tupaia glis

Studied were the brain weights of female *Tupaia glis* trapped in Thailand which were kept in captivity for breeding purposes. Several years of captivity had no influence on the brain weights. Compared to wild living animals from the same population, brains of captive females were nearly unchanged in average weight as well as in their range.

When captive females were classified, according to their breeding success, into groups of good and poor breeders, the former showed significantly higher brain weights. Females with low brain weights either did not breed at all or failed to rear their offspring successfully.

These findings may explain – at least in part – the clear brain enlargement in Tupaias of the F_1-Generation compared to wild animals, as observed by Frahm und Stephan (1976).

Einleitung

Die Gefangenschaftshaltung mit ihren vielfältig veränderten Bedingungen gegenüber der natürlichen Umwelt bewirkt u. a. häufig eine Abnahme des Hirngewichts, deren Ausmaß sehr verschieden groß sein kann (Herre und Röhrs 1971, 1973). Während Klatt (1932, 1952) und Stephan (1954) für jung in Gefangenschaft gekommene Füchse Hirngewichtsreduktionen um 10 Prozent gegenüber dem durchschnittlichen Hirngewicht wildlebender Individuen fanden, konnte Klatt (1932) für im Zoo geborene Nachkommen von Füchsen Verminderungen der Hirngrößen bis zu 30 Prozent wahrscheinlich machen. Längere Gefangenschaftshaltung bewirkte auch Abnahmen der Hirnschädel-Kapazität bei Wolf (Stockhaus 1965) und Iltis (Rempe 1970). Dagegen zeigten von uns gezogene Spitzhörnchen (*Tupaia glis*) der ersten Gefangenschaftsgeneration signifikant schwerere Hirne als Wildtiere, die aus dem gleichen Biotop wie die Zuchttiere stammten (Frahm und Stephan 1976). Zur Erklärung dieses unerwarteten Ergebnisses wurde neben der Ernährung, motorischer Aktivität und dem Alter der Tiere bei Hirnentnahme auch eine unbeabsichtigte genetische Auslese als möglicher, das Hirngewicht beeinflussender Faktor, diskutiert. Das inzwischen vorliegende Material von Hirngewichten der in Thailand gefangenen Zuchtweibchen erlaubt einige Bemerkungen hierzu.

Material und Methode

Für die Untersuchung standen im Jahre 1973 in Thailand gefangene Tupaias (weitere Angaben siehe Frahm und Stephan 1976) zur Verfügung, die über einen längeren Zeitraum (bis zu 6 Jahren) als Zuchttiere im Max-Planck-Institut für Hirnforschung gehalten wurden. Wenn regelmäßige Würfe und/oder erfolgreiche Aufzucht bei diesen Tieren ausblieben, wurden die Weibchen mit Bouin'scher Flüssigkeit perfundiert und die Gehirne herauspräpariert und gewogen. Unterschiede im Hirngewicht bei erfolgreichen und weniger guten Zuchttieren wurden mit Hilfe von t-Tests (Linder 1960) auf Signifikanz überprüft.

U. S. Copyright Clearance Center Code Statement: 0044-3468/80/4503-0129 $ 2.50/0
Z. Säugetierkunde 45 (1980) 129–133
© 1980 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
ISSN 0044–3468/ASTM-Coden ZSAEA 7

Ergebnisse

Entsprechend ihrer Zuchtleistung wurden die Weibchen in drei Gruppen eingeteilt: Die Gruppe A enthält gute Zuchttiere, Gruppe B Weibchen mit wenigen Würfen und nur gelegentlich erfolgreicher Aufzucht, in Gruppe C sind Weibchen die nicht geworfen, bzw. niemals Junge aufgezogen haben, eingeordnet. Von 17 in die Zucht genommenen *Tupaia*-Weibchen erwiesen sich 10 als gute Zuchttiere mit einer Wurfzahl die zwischen 9 und 20 Würfen in Gefangenschaft liegt. Da einige dieser Tiere eines natürlichen Todes starben und eine Perfusion und genaue Hirngewichtsnahme nicht möglich war, erscheint diese Gruppe in der folgenden Aufstellung mit nur fünf Hirngewichten.

Tabelle

Hirn- und Körpergewichte von Tupaia-Weibchen und ihre Zuchterfolge

Nr.	Hirngewicht	Körpergewicht (g) bei Fang	Körpergewicht (g) bei Präp.	Monate in Gefangenschaft	Würfe	aufgezogene Nachkommen
			Gruppe A			
14	3,43	160	204	73	12	22
42	3,19	166	192	73	20	22
44	3,50	166	193	65	13	12
112	3,24	150	188	62	13	6
500	3,02	129	196	73	13	10
(n = 5)	3,276	154,2				
			Gruppe B			
4	3,15	153	203	39	3	3
30	3,01	109	224	40	3	2
(n = 2)	3,080	131,0				
			Gruppe C			
12	3,22	160	181	8,5	–	–
102	2,87	126	182	50	5	–
110	2,97	159	182	21	–	–
122	3,10	167	201	19	–	–
140	2,86	146	189	21	2	–
(n = 5)	3,004	151,6				

Die Variationsbreite der Hirngewichte der Zuchtweibchen (zwischen 2,86 und 3,50 g) stimmt weitgehend überein mit der der Wildtiere, die bei 2,82 g als Minimum und 3,47 g als Maximum lag (n = 31; Frahm und Stephan 1976). Als Mittelwert ergab sich bei den in Thailand präparierten Wildfängen 3,187 g; die Zuchtweibchen (n = 12) erreichen einen etwas geringeren Durchschnitt von 3,130 g. Eine Auswirkung der mehrjährigen Gefangenschaftshaltung in Form einer signifikanten Hirngewichtsabnahme läßt sich aufgrund dieser Werte nicht nachweisen. Bei Einteilung der Tiere nach ihrem Fortpflanzungspotential wird jedoch deutlich, daß erfolgreiche Zuchttiere in ihren Hirngewichten mehr im oberen Bereich der Variationsbreite liegen, während schlechte Zuchttiere in deren unterem Teil rangieren. Die Gruppe der guten Zuchtweibchen (n = 5) übertrifft mit einem Durchschnittswert von 3,276 g das mittlere Hirngewicht der nicht erfolgreichen in Gruppe C um 9,1%. Der t-Test ergibt eine Signifikanz von 95% für die Unterschiede in den Hirngewichten.

Die beiden Weibchen, die wegen ihrer geringen Zuchtleistung nicht in die Gruppe A ein-

geordnet werden konnten, andererseits auch nicht eindeutig in Gruppe C als niemals erfolgreiche Zuchtweibchen paßten, liegen in ihren Hirngewichten relativ niedrig. Ihr durchschnittliches Hirngewicht von 3,080 g vermittelt zwischen dem der Gruppe A und C, läßt bei dem geringen Umfang aber keine statistische Absicherung gegen die beiden anderen Gruppen zu. Um diese zwei Hirngewichte nicht gänzlich unberücksichtigt zu lassen, schien es sinnvoll, die Gruppe B und C als wenig erfolgreiche Zuchttiere zusammenzufassen. Die Unterschiede gegenüber guten Zuchtweibchen sind trotz der Erhöhung des mittleren Hirngewichts auf 3,026 g (B und C, n = 7) auf 95% Niveau signifikant.

Diskussion

Eine Interpretation der vorliegenden Ergebnisse ist bei dem geringen Zahlenmaterial, das aber nicht mehr erweitert werden kann, da inzwischen keine Weibchen der „Gründergeneration" unseres Zuchtbestandes mehr leben, nur in beschränktem Umfang möglich. Von den für die Zucht vorgesehenen *Tupaia*-Weibchen haben sich solche mit höheren Hirngewichten erfolgreich fortgepflanzt, während Weibchen mit niedrigem Hirngewicht nicht züchteten bzw. ihre Jungen nicht aufzogen. Falls die guten Zuchtweibchen ihre hohen Hirngewichte auch an die Nachkommen weitervererben, gewänne die von uns zunächst mit geringer Wahrscheinlichkeit veranschlagte Möglichkeit einer unbewußten genetischen Auslese an Bedeutung (siehe Frahm und Stephan 1976). Da nicht alle in Gefangenschaft gebrachten Wildfänge sich fortpflanzten, wurde als theoretisch denkbar angenommen, daß die Bereitschaft zur Fortpflanzung und Befähigung zur erfolgreichen Jungenaufzucht von Verhaltensunterschieden abhängig ist, die mit der Hirngröße in Zusammenhang stehen könnten.

Es bleibt allerdings zwischen guten Zuchtweibchen (n = 5) mit einem Hirngewichtsmittel von 3,276 g und den F_1-Nachkommen (n = 22) mit 3,486 g ein beträchtlicher Unterschied im Durchschnittswert bestehen. Besonders klar werden diese Differenzen bei Betrachtung der Variationsbreiten. Während die Wildpopulation (2,82–3,47 g) und die Zuchtweibchen (2,86–3,50 g) weitgehend übereinstimmen, gehen die von der F_1-Generation erreichten Hirngewichte (3,27–3,96 g) deutlich über die Variationsbreite der Thailand-Tiere hinaus. Ob und in welchem Ausmaß auch *Tupaia*-Männchen mit hohem Hirngewicht zu einer Verstärkung der Tendenz auf eine Hirnvergrößerung beitrugen, ist nicht nachzuweisen, da einerseits nur wenige Hirngewichte von Zuchtmännchen vorliegen und außerdem im Laufe von sechs Jahren einige Wechsel in den Zusammensetzungen der Zuchtpaare vorgenommen wurden.

Die vorliegenden Daten machen wahrscheinlich, daß eine unbewußte genetische Auslese stattgefunden hat, die teilweise zur Hirnvergrößerung der F_1-Generation beigetragen haben mag, ohne jedoch das Gesamtphänomen der beträchtlichen Verschiebung in der Variationsbreite erklären zu können. Daß auch das Alter der als adult angesehenen F_1-Tiere zum Zeitpunkt der Hirnentnahme (3 Monate postnatal = ca. 135. Ontogenesetag) einen wichtigen Faktor für das Hirngewicht darstellt, wurde bereits in der vorhergehenden Studie ausführlich diskutiert (Frahm und Stephan 1976) und ist durch neuere Untersuchungen unterstrichen worden. So konnte neben dem subadulten Überschußwachstum einzelner Hirnteile bei Albinomäusen (Kretschmann und Wingert 1971) auch ein Gewichtsüberschuß des Gesamthirns in der subadulten Entwicklungsphase für den Farmnerz nachgewiesen werden (Kruska 1977).

Wenn sich von einer größeren Anzahl in Gefangenschaft genommener Wildtiere nicht alle mit gleichem Erfolg fortpflanzen, stellt sich die Frage nach den Gründen. Im Falle der Spitzhörnchen könnte vermutet werden, daß die schlecht oder nicht züchtenden Weibchen bereits bei Gefangennahme relativ alt waren. Die zur Fangzeit festgestellten Körpergewichte sprechen allerdings nicht für eine solche unterschiedliche Alterszusammensetzung der Gruppen A und C (s. Tab. 1).

Insgesamt scheint die Frage, welche Individuen einer in Gefangenschaft genommenen Teilpopulation sich bevorzugt vermehren und – in unserem Zusammenhang von besonderem Interesse – wie sich die Hirngewichte erfolgreicher Weibchen in die Variationsbreite der Gesamtpopulation einordnen, noch nicht in ausreichendem Maße geklärt. Herre und Röhrs (1973, p. 177) beobachteten, daß bei einem – allerdings geringen – Material gefangen gehaltener Füchse das Hirngewicht bei einigen Exemplaren nicht oder nur sehr geringfügig abnahm, diese Tiere mit relativ großen Gehirnen sich jedoch nicht fortpflanzten. Die fehlende Zuchtbereitschaft der Füchse kann selbstverständlich durch andere Faktoren bedingt sein, ohne in irgendeiner Weise mit dem wenig reduzierten Hirngewicht in Zusammenhang stehen zu müssen. Runzheimers (1969) Daten lassen erkennen, daß weibliche Rötelmäuse nach einem Jahr Gefangenschaftshaltung ein mittleres Hirngewicht besitzen, das nur wenig unter dem wildlebender Rötelmaus-Weibchen liegt, dagegen ist die Variationsbreite bei den in die Zucht genommenen Weibchen (n = 10) deutlich geringer als bei der Wildpopulation. Während das minimale Hirngewicht beider Gruppen übereinstimmt, überschreitet das Maximum der Wildtiere das der Weibchen nach einem Jahr in Gefangenschaft um 10 Prozent. Eine solche Einengung der Variationsbreite der Hirngewichte gefangen gehaltener Wildtiere konnte bei *Tupaia* nicht festgestellt werden. Eine Aufgliederung der Weibchen der Ausgangspopulation nach Zuchterfolgen und ihre Korrelation mit Hirngewichten, wie sie hier im Ansatz und mit geringem Material versucht wurde, nahm Runzheimer aufgrund seiner anderen Fragestellung nicht vor.

Untersuchungen an weiteren Gefangenschaftsgenerationen von *Tupaia* werden zeigen müssen, ob die von F_1-Tieren erreichten hohen Hirngewichte unverändert beibehalten werden, oder ob es in späteren Generationen zu Hirngewichts-Minderungen kommt.

Danksagung

Für hilfreiche Diskussionen und Hinweise danke ich Herrn Dr. H. Stephan und Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. W. Herre.

Zusammenfassung

Bei *Tupaia*-Weibchen, die mehrere Jahre als Zuchttiere gehalten wurden, zeigten sich keine Auswirkungen der langen Gefangenschaftshaltung auf die Hirngewichte. Gegenüber Wildtieren aus der gleichen Population waren die Hirngewichte der Zuchtweibchen sowohl im Durchschnitt als auch in der Variationsbreite nahezu unverändert.

Bei Einteilung der Weibchen nach ihrer Zuchtleistung in gute und weniger erfolgreiche Tiere lassen sich signifikant größere Hirngewichte bei guten Zuchtweibchen feststellen. Weibchen mit niedrigem Hirngewicht warfen nicht, bzw. zogen ihre Jungen nicht erfolgreich auf.

Dieser Befund könnte teilweise Ursache sein für die von Frahm und Stephan (1976) beschriebene deutliche Erhöhung der Hirngewichte bei Tupaias der F_1-Generation gegenüber Wildfängen.

Literatur

Frahm, H.; Stephan, H. (1976): Vergleichende Volumenmessungen an Hirnen von Wild- und Gefangenschaftstieren des Spitzhörnchens (*Tupaia*). J. Hirnforsch. **17**, 449–462.

Herre, W.; Röhrs, M. (1971): Domestikation und Stammesgeschichte. In: G. Heberer (ed.): Die Evolution der Organismen, Bd. II/2, 29–174. Stuttgart: Fischer.

— (1973): Haustiere – zoologisch gesehen. Stuttgart: Fischer.

Klatt, B. (1932): Gefangenschaftsveränderungen bei Füchsen. Jena Z. Naturwiss. **67**, 452–468.

— (1952): Zur Frage des Hirngewichts beim Fuchs. Zool. Anz. **149**, 2–8.

Kretschmann, H.-J.; Wingert, F. (1971): Computeranwendungen bei Wachstumsproblemen in Biologie und Medizin. Berlin–Heidelberg–New York: Springer.

Kruska, D. (1977): Über die postnatale Hirnentwicklung beim Farmnerz *Mustela vison* f. dom. (Mustelidae; Mammalia). Z. Säugetierkunde **42**, 240–255.

Linder, A. (1960): Statistische Methoden. Basel–Stuttgart: Birkhäuser.

Rempe, U. (1970): Morphometrische Untersuchungen an Iltisschädeln zur Klärung der Verwandtschaft von Steppeniltis, Waldiltis und Frettchen. Z. wiss. Zool. **180**, 185–360.

Runzheimer, J. (1969): Quantitative Untersuchungen an der 5. Gefangenschaftsgeneration von *Clethrionomys glareolus* (Schreiber, 1780). Z. Säugetierkunde **34**, 9–37.

Stephan, H. (1954): Vergleichend-anatomische Untersuchungen an Hirnen von Wild- und Haustieren. III. Die Oberflächen des Allokortex bei Wild- und Gefangenschaftsfüchsen. Biol. Zbl. **73**, 96–115.
Stockhaus, K. (1965): Metrische Untersuchungen an Schädeln von Wölfen und Hunden. Z. zool. Syst. Evolut.-forsch. **3**, 157–158.

Anschrift des Verfassers: Dr. Heiko Detlev Frahm, Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Neurobiologische Abteilung, Deutschordenstr. 46, D-6000 Frankfurt/M. – 71

Polymorphisme chromosomique et biochimique chez Pitymys multiplex (Mammalia, Rodentia)[1]

J.-D. Graf et A. Meylan

Institut de Zoologie et d'Ecologie animale, Université, Lausanne, et Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, Nyon, Suisse

Réception du Ms. 2. 7. 1979

Abstract

Chromosomal and biochemical polymorphism in Pitymys multiplex (Mammalia, Rodentia)

Studied were the chromosomal and biochemical variations in populations of *Pitymys multiplex* from the Western Alps and the Apennines, including the formerly described species *P. fatioi* and *P. druentius*. Chromosome analysis of 73 individuals showed that polymorphism occurs in *P. multiplex*, involving pericentric inversions and other rearrangements (2 N = 48 or 46). Each of these variations is located in a different region. Laboratory hybridization between animals with varying chromosome forms proved interfertility. These data complete previous data on the chromosome complements of *P. multiplex* and *P. liechtensteini*. It is assumed that only one polytypic species occurs from Yugoslavia to France, including Northern Italy.

Samples from 6 populations were analysed for electrophoretic variation at 25 protein loci. Mean proportion of loci heterozygous per individual varies geographically: it is lowest (H = 0.00) in the isolated population of Zermatt, and highest (H = 0.08) in the marginal population of the Vercors (France). After Nei's formula the genetic distance between different chromosome forms varies from D = 0.01 to D = 0.18. The divergence of the marginal populations is explained by geographic isolation during the glacial and post-glacial times.

Introduction

Etudiant des *Pitymys* de diverses localités de Suisse, Fatio (1905) relève des différences de morphologie crânienne et dentaire chez des sujets capturés près de Lugano. Il suggère de les séparer de *Pitymys subterraneus* (de Sélys Longchamps, 1836) et d'en faire une sous-espèce ou variété qu'il nomme *multiplex*. Il note encore des variations de même tendance chez des individus capturés à Zermatt. Mottaz (1908) donne à *P. multiplex* une valeur spécifique puis, en 1909, élève au rang de sous-espèce *P. multiplex fatioi*, la forme de Zermatt décrite par Fatio. Miller (1912) attribue un statut spécifique tant à *P. multiplex* qu'à *P. fatioi* aux côtés de *P. druentius* qu'il a décrit des Basses-Alpes françaises l'année précédente. Il précise cepen-

[1] Travail bénéficiant des subsides nos 3.769.72 et 3.644–0.75 du Fonds national suisse de la Recherche scientifique.

U.S. Copyright Clearance Center Code Statement: 0044-3468/80/4503-0133 $ 2.50/0
Z. Säugetierkunde 45 (1980) 133–148
© 1980 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
ISSN 0044–3468/ASTM-Coden ZSAEA 7